

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

10/761,433  
SHIOZAKI et al.  
1/22/2004

*McDermott Will & Emery LLP*

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    4 月    9 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 1 0 5 6 7 8  
Application Number:

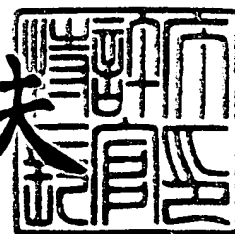
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 1 0 5 6 7 8 ]

出 願 人                      住 友 電 気 工 業 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    8 月 2 9 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 103Y0121

【提出日】 平成15年 4月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 5/18

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

【氏名】 塩▼崎▲ 学

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

【氏名】 茂原 政一

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

## 【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2003- 16747

【出願日】 平成15年 1月24日

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 回折格子素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 各々が媒質に接していて互いに平行な第 1 面および第 2 面を有する透明平板において前記第 1 面または前記第 1 面に平行に内部に回折格子が形成され、

温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  に含まれる何れかの温度において前記回折格子の周期の線膨張係数と前記媒質の屈折率の温度係数との和が 0 である、

ことを特徴とする回折格子素子。

【請求項 2】 前記媒質が空気であって、前記回折格子の周期の線膨張係数が  $0.63 \times 10^{-6}/\text{K} \sim 1.23 \times 10^{-6}/\text{K}$  である、ことを特徴とする請求項 1 記載の回折格子素子。

【請求項 3】 各々が媒質に接していて互いに平行な第 1 面および第 2 面を有する透明平板において前記第 1 面または前記第 1 面に平行に内部に回折格子が形成され、

前記媒質が空気であって、前記回折格子の周期の線膨張係数が  $0.65 \times 10^{-6}/\text{K} \sim 1.11 \times 10^{-6}/\text{K}$  である、

ことを特徴とする回折格子素子。

【請求項 4】 互いに平行な第 1 面および第 2 面を有する透明平板において前記第 1 面または前記第 1 面に平行に内部に回折格子が形成され、

前記透明平板が気密封止されたガス中または真空中に配置され、

前記回折格子の周期の線膨張係数が  $2.4 \times 10^{-7}/\text{K}$  以下である、

ことを特徴とする回折格子素子。

【請求項 5】 各々が媒質に接していて互いに平行な第 1 面および第 2 面を有する透明平板において前記第 1 面または前記第 1 面に平行に内部に回折格子が形成され、

前記媒質が空気であって、前記回折格子の周期の線膨張係数が  $0.80 \times 10^{-6}/\text{K} \sim 0.95 \times 10^{-6}/\text{K}$  である、

ことを特徴とする回折格子素子。

【請求項 6】 互いに平行な第 1 面および第 2 面を有する透明平板において前記第 1 面または前記第 1 面に平行に内部に回折格子が形成され、前記透明平板が気密封止されたガス中または真空中に配置され、前記回折格子の周期の線膨張係数が  $1.2 \times 10^{-7}/K$  以下である、ことを特徴とする回折格子素子。

【請求項 7】 前記透明平板が不純物を添加された石英ガラスからなる、ことを特徴とする請求項 1, 3 および 5 の何れか 1 項に記載の回折格子素子。

【請求項 8】 前記透明平板が不純物を添加された石英ガラスまたは結晶化ガラスからなる、ことを特徴とする請求項 1, 4 および 6 の何れか 1 項に記載の回折格子素子。

【請求項 9】 前記透明平板が異なる線膨張係数を有する複数の光学ガラスが積層されてなる、ことを特徴とする請求項 1, 3, 4, 5 および 6 の何れか 1 項に記載の回折格子素子。

【請求項 10】 前記透明平板が厚み方向に異なる濃度で不純物を添加された石英ガラスからなる、ことを特徴とする請求項 1, 3 および 5 の何れか 1 項に記載の回折格子素子。

【請求項 11】 前記不純物が Ge, P および B の何れかの元素であることを特徴とする請求項 7 または 10 に記載の回折格子素子。

【請求項 12】 前記不純物が Ti 元素であることを特徴とする請求項 8 記載の回折格子素子。

【請求項 13】 前記透明平板の回折格子形成部が石英ガラスからなることを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の回折格子素子。

【請求項 14】 前記透明平板の厚み方向における材質の分布が対称であることを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の回折格子素子。

【請求項 15】 前記回折格子が前記透明平板の厚み方向の中央に形成されていることを特徴とする請求項 14 記載の回折格子素子。

【請求項 16】 回折効率が実質的に偏波無依存であることを特徴とする請求項 1, 3, 4, 5 および 6 の何れか 1 項に記載の回折格子素子。

【発明の詳細な説明】

**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、透明平板の一方の面に回折格子が形成された回折格子素子に関するものである。

**【0002】****【従来の技術】**

回折格子素子は、一般に、互いに平行な第1面および第2面を有する透明平板において第1面に回折格子が形成されたものである（例えば非特許文献1を参照）。この回折格子素子では、例えば、第1面に接する媒質から該第1面に光が一定入射角で入射すると、その光は、第1面に形成された回折格子により回折され、透明平板の内部を通過して、第2面に接する媒質へ出射される。透明平板の第2面から出射されるとききの光の回折角は、波長によって異なる。

**【0003】**

このように、この回折格子素子は、入射した光を分波して出射する光分波器として用いられ得る。また、この回折格子素子は、上記の場合とは逆の方向に光を導く場合には、入射した光を合波して出射する光合波器として用いられ得る。さらに、回折格子素子と他の光学素子とを組み合わせることで、例えば、波長に応じて光の群遅延時間を調整する分散調整器を構成することもできる。したがって、回折格子素子は、多波長の信号光を多重化して伝送する波長分割多重（WDM: Wavelength Division Multiplexing）光通信システムにおいて重要な光デバイスの1つとなっている。

**【0004】****【非特許文献1】**

小舘香椎子、「回折光学の発展と新展開」、日本女子大学紀要、理学部、第10号、pp.7-24, (2002)

**【0005】****【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、回折格子素子に入射する光の波長および入射角が一定であっても、温度に依存して回折角が変化する。WDM光通信システムで用いられる場合

に、回折格子素子における回折角が変化すると、これに因り、信号光の損失が大きくなり、或いは、信号光の波形が劣化して、通信エラーが生じる場合がある。このような通信エラーを抑制するために、従来では、回折格子素子の温度を一定に制御するアクティブな温度制御機構を設ける必要があった。しかし、温度制御機構を設けることはシステムコストの増加を引き起こし、また、温度制御機構に対する電力供給が必要であることからシステムコストの増加を引き起こしていた。

#### 【0006】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、温度制御機構を不要化または簡略化することができる回折格子素子を提供することを目的とする。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明に係る回折格子素子は、各々が媒質に接していて互いに平行な第1面および第2面を有する透明平板において第1面または第1面に平行に内部に回折格子が形成され、温度範囲 $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ に含まれる何れかの温度において回折格子の周期の線膨張係数と媒質の屈折率の温度係数との和が0であることを特徴とする。この回折格子素子は、光通信システムにおいて一般的な環境温度範囲 $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ で用いられる場合に、温度制御機構を不要とすることができ、或いは、温度制御機構を簡略化することができる。本発明に係る回折格子素子は、媒質が空気であって、回折格子の周期の線膨張係数が $0.63 \times 10^{-6}/\text{K} \sim 1.23 \times 10^{-6}/\text{K}$ であるのが好適であり、この場合には、温度範囲 $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ に含まれる何れかの温度において、大気圧下で、回折格子の周期の線膨張係数と媒質の屈折率の温度係数との和が0となる。

#### 【0008】

本発明に係る回折格子素子は、各々が媒質に接していて互いに平行な第1面および第2面を有する透明平板において第1面または第1面に平行に内部に回折格子が形成され、媒質が空気であって、回折格子の周期の線膨張係数が $0.65 \times 10^{-6}/\text{K} \sim 1.11 \times 10^{-6}/\text{K}$ であることを特徴とする。この回折格子素子は、温度範囲 $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ で大気圧下での最大波長シフト量が $0.04\text{ nm}$

m以下となり、多波長信号光の光周波数間隔が100GHzであるWDM光通信システムにおいて好適に用いられ得る。

#### 【0009】

本発明に係る回折格子素子は、互いに平行な第1面および第2面を有する透明平板において第1面または第1面に平行に内部に回折格子が形成され、透明平板が気密封止されたガス中または真空中に配置され、回折格子の周期の線膨張係数が $2.4 \times 10^{-7}/K$ 以下であることを特徴とする。この回折格子素子は、温度範囲 $-20^{\circ}C \sim +80^{\circ}C$ で気密封止下または真空での最大波長シフト量が0.04nm以下となり、多波長信号光の光周波数間隔が100GHzであるWDM光通信システムにおいて好適に用いられ得る。

#### 【0010】

本発明に係る回折格子素子は、各々が媒質に接して互いに平行な第1面および第2面を有する透明平板において第1面または第1面に平行に内部に回折格子が形成され、媒質が空気であって、回折格子の周期の線膨張係数が $0.80 \times 10^{-6}/K \sim 0.95 \times 10^{-6}/K$ であることを特徴とする。この回折格子素子は、温度範囲 $-20^{\circ}C \sim +80^{\circ}C$ で大気圧下での最大波長シフト量が0.02nm以下となり、多波長信号光の光周波数間隔が50GHzであるWDM光通信システムにおいて好適に用いられ得る。

#### 【0011】

本発明に係る回折格子素子は、互いに平行な第1面および第2面を有する透明平板において第1面または第1面に平行に内部に回折格子が形成され、透明平板が気密封止されたガス中または真空中に配置され、回折格子の周期の線膨張係数が $1.2 \times 10^{-7}/K$ 以下であることを特徴とする。この回折格子素子は、温度範囲 $-20^{\circ}C \sim +80^{\circ}C$ で気密封止下または真空での最大波長シフト量が0.02nm以下となり、多波長信号光の光周波数間隔が50GHzであるWDM光通信システムにおいて好適に用いられ得る。

#### 【0012】

本発明に係る回折格子素子は、透明平板が不純物を添加された石英ガラスからなるのも好適であり、透明平板が不純物を添加された石英ガラスまたは結晶化ガ



ラスからなるのも好適であり、透明平板が異なる線膨張係数を有する複数の光学ガラスが積層されてなるのも好適であり、或いは、透明平板が厚み方向に異なる濃度で不純物を添加された石英ガラスからなるのも好適である。

#### 【0013】

透明平板に不純物が添加される場合、その不純物がGe, PおよびBの何れかの元素であるのが好適であり、或いは、その不純物がTi元素であるのも好適であり、例えばVAD法やCVD法により適切な濃度の不純物が添加されることにより、透明平板に形成される回折格子の周期の線膨張係数を所望値とすることができる。透明平板の回折格子形成部が石英ガラスからなるのが好適であり、この場合には、回折格子を形成する際に加工性が優れる。

#### 【0014】

本発明に係る回折格子素子は、透明平板の厚み方向における線膨張係数分布が対称であるのが好適であり、この場合には、温度変化があっても、透明平板の反りの発生が抑制される。さらに、回折格子が透明平板の厚み方向の中央に形成されているのが好適であり、この場合には、光の出射位置の温度依存性も低減される。

#### 【0015】

本発明に係る回折格子素子は、回折効率が実質的に偏波無依存であるのが好適であり、この場合には、入射する光の偏波状態が一定で無い場合であっても、従来では必要であった他の光学素子（偏波分離素子や偏波合成素子など）を用いることなく、入射光を一定の回折効率で回折することができる。

#### 【0016】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、各図において説明の便宜の為にxyz直交座標系が示されている場合がある。

#### 【0017】

図1は、本実施形態に係る回折格子素子1の断面図である。この図に示される

回折格子素子 1 は、各々が媒質 2 1, 2 2 に接していて互いに平行な第 1 面 1 0 A および第 2 面 1 0 B を有する透明平板 1 0 において第 1 面 1 0 A に回折格子が形成されたものである。この第 1 面 1 0 A に形成された回折格子は、格子方向が y 軸方向に平行であり、x 軸方向に周期  $\Lambda$  で凹凸が周期的に形成されたものである。また、第 2 面 1 0 B には反射低減膜が設けられているのが好適であり、この場合には、回折効率が優れる。なお、媒質 2 1, 2 2 は、例えば空気であるが、これに限られない。また、透明平板 1 0 は、例えば石英ガラスからなるが、これに限られない。

#### 【0018】

このような回折格子素子 1 において、媒質 2 1 から透明平板 1 0 の第 1 面 1 0 A に光が入射する。入射面は x z 平面に平行である。その光は、第 1 面 1 0 A に形成された回折格子により回折され、透明平板 1 0 の内部を通過して、第 2 面 1 0 B に接する媒質 2 2 へ出射される。

#### 【0019】

透明平板 1 0 の第 2 面 1 0 B から出射される m 次の回折光の回折角  $\theta_m$  は、

#### 【0020】

#### 【数 1】

$$\theta_m = \sin^{-1} \left( \sin \theta + \frac{m\lambda}{n\Lambda} \right) \quad \dots (1)$$

なる式で表される。ここで、 $\theta$  は入射角であり、 $\lambda$  は真空中の光の波長であり、 $n$  は媒質 2 1, 2 2 の屈折率である。この式から判るように、回折角  $\theta_m$  が波長  $\lambda$  に依存していることから、回折格子素子 1 は、例えば、光分波器または光合波器として用いられ、或いは、分散調整器の一構成要素としても用いられ得る。

#### 【0021】

ところで、温度  $T$  が変化すると、次に説明するような問題が生じる。図 2 は、回折格子素子の問題点を説明する図である。一般に、媒質 2 1, 2 2 の屈折率  $n$  は温度  $T$  の関数であり、また、回折格子の周期  $\Lambda$  も温度  $T$  の関数であるから、回折角  $\theta_m$  は温度  $T$  により異なる。もし、図 2 に示されるように、入射光が波長成

分 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ を含むものとして、0次以外の回折光のうちの波長 $\lambda_2$ の成分を光学素子30（例えば、フォトダイオード、ミラー、等）で受光するように光学系が調整されていたとすると、温度 $T$ が変化して回折角 $\theta_m$ が変化したときに、光学素子30に入射する光の波長がシフトする。それ故、従来では、回折格子素子の温度を一定に制御するアクティブな温度制御機構を設ける必要があった。

#### 【0022】

本実施形態に係る回折格子素子1は、このような問題点を解決することができるものである。すなわち、上記(1)式の右辺にある温度依存成分である積 $(n\Lambda)$ を温度 $T$ で微分すると、

#### 【0023】

【数2】

$$\frac{d(n\Lambda)}{dT} = n\Lambda \left( \frac{1}{n} \frac{dn}{dT} + \frac{1}{\Lambda} \frac{d\Lambda}{dT} \right) \quad \dots (2)$$

なる式が得られる。この(2)式の右辺が0であれば、積 $(n\Lambda)$ は温度 $T$ に依らず一定となり、したがって、回折角 $\theta_m$ は温度 $T$ に依らず一定となる。

#### 【0024】

ここで、上記(2)式右辺の括弧内の第2項は、

#### 【0025】

【数3】

$$\alpha = \frac{1}{\Lambda} \frac{d\Lambda}{dT} \quad \dots (3)$$

なる式で定義される回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ である。また、上記(2)式右辺の括弧内の第1項は、

#### 【0026】

【数 4】

$$\beta = \frac{1}{n} \frac{dn}{dT} \quad \dots (4)$$

なる式で定義される媒質 2 1, 2 2 の屈折率  $n$  の温度係数  $\beta$  である。したがって、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  と、媒質 2 1, 2 2 の屈折率  $n$  の温度係数  $\beta$  との和が 0 となれば、すなわち、

【0027】

【数 5】

$$\alpha + \beta = 0 \quad \dots (5)$$

なる関係式が成り立てば、回折角  $\theta_m$  は温度  $T$  に依らず一定となる。

【0028】

そして、本実施形態に係る回折格子素子 1 では、温度範囲  $-20^\circ\text{C} \sim +80^\circ\text{C}$  に含まれる何れかの温度において、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  と媒質 2 1, 2 2 の屈折率  $n$  の温度係数  $\beta$  との和が 0 となっている。これにより、この回折格子素子 1 は、光通信システムにおいて一般的な环境温度範囲  $-20^\circ\text{C} \sim +80^\circ\text{C}$  で用いられる場合に、温度制御機構を不要とすることができ、或いは、温度制御機構を簡略化することができる。

【0029】

以下では、媒質 2 1, 2 2 が空気である場合について説明する。図 3 は、大気圧下での空気の屈折率  $n$  の温度係数  $\beta$  と温度  $T$  との関係を示すグラフである。この図に示されるように、空気の屈折率  $n$  は、温度  $T$  への依存性が小さく殆ど値 1 に等しいが、空気の屈折率  $n$  の温度係数  $\beta$  は、温度  $T$  に依存して大きく変化する。また、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  (単位:  $1/\text{K}$ ) が

【0030】

## 【数 6】

$$0.63 \times 10^{-6} < \alpha < 1.23 \times 10^{-6} \quad \dots (6)$$

なる数値範囲内にあれば、温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  に含まれる何れかの温度において大気圧下で上記(5)式の関係が成り立つ。また、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  が  $0.89 \times 10^{-6}/\text{K}$  であれば、通常の使用温度である  $25^{\circ}\text{C}$  付近で大気圧下で上記(5)式の関係が成り立つ。

## 【0031】

また、図2を用いて説明したように、一般に、温度  $T$  が変化すると光学素子30に入射する回折光の波長がシフトする。図4は、温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  での最大波長シフト量と回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  との関係を示すグラフである。この図には、波長  $\lambda$  が  $1.3 \mu\text{m}$ 、 $1.5 \mu\text{m}$  および  $1.7 \mu\text{m}$  それぞれの場合について示されている。なお、一般に、WDM光通信システムでは、信号光波長帯として波長  $1.7 \mu\text{m}$  以下の波長帯が用いられる。

## 【0032】

WDM光通信システムにおける多波長信号光の光周波数間隔が  $100 \text{ GHz}$  である場合、温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  で大気圧下での最大波長シフト量が  $0.04 \text{ nm}$  以下であることが必要であり、したがって、図4より、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  (単位:  $1/\text{K}$ ) は

## 【0033】

## 【数 7】

$$0.65 \times 10^{-6} < \alpha < 1.11 \times 10^{-6} \quad \dots (7)$$

なる数値範囲内にあればよい。また、多波長信号光の光周波数間隔が  $50 \text{ GHz}$  である場合、温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  で大気圧下での最大波長シフト量が  $0.02 \text{ nm}$  以下であることが必要であり、したがって、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  (単位:  $1/\text{K}$ ) は

【0034】

【数8】

$$0.80 \times 10^{-6} < \alpha < 0.95 \times 10^{-6} \quad \dots (8)$$

なる数値範囲内にあればよい。

【0035】

以上のように、本実施形態に係る回折格子素子1は、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ が好適範囲にあることにより、温度範囲 $-20^\circ\text{C} \sim +80^\circ\text{C}$ におけるWDM光通信での要求精度を満たすことができ、温度制御機構を不要とすることができ、或いは、温度制御機構を簡略化することができる。ただし、多波長信号光の波長域や光周波数間隔によって要求精度は異なる。

【0036】

次に、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ を所望のものに実現する方法について説明する。その第1の方法として、石英ガラスに不純物(Ge, PおよびBなど)を添加したものを透明平板10とすればよい。石英ガラスの線膨張係数は $0.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ であって上記数値範囲外であるが、石英ガラスに添加される不純物の添加濃度を適切に設定することで、その石英ガラスの線膨張係数を所望のものに実現することができる。

【0037】

例えば、石英ガラスに添加される不純物がGeである場合、その石英ガラスの線膨張係数 $\alpha$  (単位:  $1/\text{K}$ ) は、Ge添加濃度 $M_{\text{Ge}}$  (単位: mol%) に対して

【0038】

【数9】

$$\alpha = 0.5 \times 10^{-6} + 0.076 \times 10^{-6} M_{\text{Ge}} \quad \dots (9)$$

なる関係式で表される。したがって、上記(6)式で表される線膨張係数 $\alpha$ の数値

範囲とするには、Ge 添加濃度  $M_{Ge}$  は 1.7 mol% ~ 9.6 mol% であればよい。また、上記(8)式で表される線膨張係数  $\alpha$  の数値範囲とするには、Ge 添加濃度  $M_{Ge}$  は 3.9 mol% ~ 5.9 mol% であればよい。

#### 【0039】

Ge 以外の他の不純物 (P, B, その他) が添加される場合にも、添加濃度を適切に設定することで、その石英ガラスの線膨張係数を所望のものに実現することができる。また、透明平板 10 の製造性を考慮すると、石英ガラスに複数種類の不純物が添加されるのも好適である。なお、製造は例えば VAD 法や CVD 法により可能である。

#### 【0040】

回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  を所望のものに実現する第 2 の方法として、異なる線膨張係数を有する複数の光学ガラスを積層したものを透明平板 10 としてもよい。図 5 は、本実施形態に係る回折格子素子 1 の他の構成例の説明図である。この図に示される回折格子素子 1 では、透明平板 10 は、3 枚の光学ガラス 11 ~ 13 が順に積層されたものとなっている。光学ガラス 11 が媒質 21 と接し、光学ガラス 13 が媒質 22 と接していて、光学ガラス 11 と光学ガラス 13 との間に光学ガラス 12 が挟まれている。

#### 【0041】

また、透明平板 10 の厚み方向における線膨張係数分布が対称であるのが好適であり、この場合には、温度変化があっても、透明平板 10 の反りの発生が抑制される。光学ガラス 11 および 13 それぞれは、厚みが  $t_1/2$  であり、ヤング率が  $E_1$  であり、ポアソン比が  $\nu_1$  であり、線膨張係数が  $\alpha_1$  であるとする。光学ガラス 12 は、厚みが  $t_2$  であり、ヤング率が  $E_2$  であり、ポアソン比が  $\nu_2$  であり、線膨張係数が  $\alpha_2$  であるとする。このとき、透明平板 10 の線膨張係数 (すなわち、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$ ) は、

#### 【0042】

## 【数 10】

$$\alpha = \frac{\frac{E_1 t_1}{1 - \nu_1} \alpha_1 + \frac{E_2 t_2}{1 - \nu_2} \alpha_2}{\frac{E_1 t_1}{1 - \nu_1} + \frac{E_2 t_2}{1 - \nu_2}} \quad \dots (10)$$

なる式で表される。なお、光学ガラス 11～13 それぞれの厚みは回折格子の凹凸の深さより充分に大きいので、回折格子の凹凸の影響を無視することができる。

## 【0043】

また、光学ガラス 11 および光学ガラス 13 それぞれは、回折格子を形成する為に加工性が優れるのが好適であり、光学ガラス 12 は、上記(10)式に従って回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  が所望値のものとなるように、物性および厚みが適切に設定されるのが好適である。例えば、光学ガラス 11 および光学ガラス 13 それぞれは石英ガラスからなるのが好適である。また、光学ガラス 12 は、不純物として Ge が添加された石英ガラスからなるのが好適である。

## 【0044】

図 6 は、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  と厚み比 ( $t_2/t_1$ ) との関係を示すグラフである。ここでは、光学ガラス 12 に添加される不純物が Ge であって、その添加濃度が 10 mol% および 15 mol% それぞれとした。この図から判るように、光学ガラス 12 の不純物添加濃度および厚みを適切に設定することにより、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  を所望値とすることができる。

## 【0045】

ここで、光学ガラス 11、13 と光学ガラス 12 との屈折率差が大きいと、これらの光学ガラスの界面での光の反射が大きくなり、回折効率が悪くなる。したがって、界面での反射を抑制する為に、上記屈折率差は小さい方が好ましい。光学ガラス 11、13 が石英ガラスであって、光学ガラス 12 が Ge 添加濃度 15 mol% の石英ガラスである場合、屈折率差が 0.022 であって非常に小さいので、界面での反射が抑制される。

## 【0046】



光学ガラス 11～13 の貼り合わせには接着剤が用いられる。この接着剤の屈折率も、光学ガラス 11～13 それぞれの屈折率に近いのが好ましい。また、光学ガラス 11～13 の貼り合わせに陽極接合も用いられるが、この場合には、接着剤が不要であるので、接着剤の線膨張の影響が無く、この点でも好ましい。

#### 【0047】

回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  を所望のものに実現する第 3 の方法として、厚み方向に異なる濃度で不純物 (Ge, P および B など) を添加された石英ガラスからなるものを透明平板 10 としてもよい。図 7 は、本実施形態に係る回折格子素子 1 の更に他の構成例の説明図である。この図は、透明平板 10 の厚み方向における Ge 添加濃度分布を示している。この図に示される回折格子素子 1 では、透明平板 10 は、第 1 面 10A および第 2 面 10B それぞれを含む近傍領域では石英ガラスであり、中間領域では不純物として Ge が添加されている。このような透明平板 10 は、VAD 法や CVD 法により製造される。

#### 【0048】

この場合にも、透明平板 10 の厚み方向における線膨張係数分布が対称であるのが好適であり、温度変化があっても、透明平板 10 の反りの発生が抑制される。透明平板 10 の線膨張係数 (すなわち、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$ ) は

#### 【0049】

##### 【数 11】

$$\alpha = \frac{\int_0^l \frac{E(z)}{1-\nu(z)} \alpha(z) dz}{\int_0^l \frac{E(z)}{1-\nu(z)} dz} \quad \dots (11)$$

なる式で表される。ここで、 $l$  は、透明平板 10 の厚みであり、第 2 面 10B の  $z$  座標値を 0 としている。

#### 【0050】

第 1 面 10A および第 2 面 10B それぞれを含む近傍領域では石英ガラスであるから、回折格子を形成する為に加工性が優れるのが好適である。上記(11)式に

従って、不純物添加濃度および厚みを適切に設定することにより、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ を所望値とすることができる。また、厚み方向に不純物添加濃度が滑らかに変化するようにすることにより、厚み方向に屈折率が滑らかに変化するようにでき、屈折率変化部分での光の反射を抑制することができる。

#### 【0051】

回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ を所望のものに実現する第4の方法として、透明平板10の一方の面の上に膜形成およびエッチングにより回折格子を形成してもよい。図8および図9それぞれは、本実施形態に係る回折格子素子1の更に他の構成例の説明図である。これらの図に示される回折格子素子1では、透明平板10は、例えば、Ge元素またはTi元素などの不純物を添加した石英ガラスからなる。図8に示される回折格子素子1は、透明平板10の一方の面の上に、単層の膜10aを蒸着した後、パターニングを行なってエッチングすることで、周期 $\Lambda$ のパターンで膜10aを残して、これを回折格子としたものである。図9に示される回折格子素子1は、透明平板10の一方の面の上に、多層の膜10a、10bおよび10cを蒸着した後、パターニングを行なってエッチングすることで、周期 $\Lambda$ のパターンで膜10a、10bを残して、これを回折格子としたものである。

#### 【0052】

この回折格子素子1では、透明平板10に添加された不純物の添加濃度が適切に調整されることで、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ が所望値とされる。また、この場合、透明平板10のエッチングが困難であっても、その一方の面の上に形成する膜の材料を適切に選択することで、回折格子を容易に形成することができる。また、特に図9に示された回折格子素子1では、膜10a、10bおよび10cそれぞれの屈折率を適切に選択することにより、広波長帯域で回折特性の偏波依存性を低減することができる。

#### 【0053】

以上までの実施形態の説明では、回折格子素子1は大気圧下に置かれるものとし、媒質21、22が大気圧のガスであるとした。しかし、回折格子素子1が筐体内に気密封止される場合があり、この場合には、温度が変化するとガスの圧力

が変化して、この圧力変化によりガスの屈折率が変化する。以下では、気密封止される場合について説明する。

#### 【0054】

本実施形態に係る回折格子素子1は、光分波器や光合波器として用いられるだけでなく、分散調整器、スペクトル検出装置および光フィルタ等の光学モジュールの構成部品として、WDM光通信システムにおいて好適に用いられる。また、これらの光学モジュールにおいては、レーザダイオード、フォトダイオードおよびMEMS (Micro Electro Mechanical System) などの半導体部品とともに、筐体内に回折格子素子1が設けられる場合がある。ところで、一般に、半導体部品は、水素や水蒸気の影響に因る劣化を防止するため、気密封止される。また、半導体部品を含まない光学モジュールでも、気密封止することにより、回折格子素子1への異物の付着を抑制することで、良好な特性を維持することができる。以下では、気密封止による回折特性の温度依存性の低減について具体例を示す。

#### 【0055】

ガスの屈折率  $n$  は、一般に

#### 【0056】

#### 【数12】

$$n = 1 + \Delta n \quad \cdots (12)$$

なる式で表される。ここで、 $\Delta n$  は、真空の屈折率との差を表しており、ガスにより異なり、He, Ne, Ar および  $N_2$  それぞれについては温度  $0^\circ\text{C}$  で1気圧のときの値が

#### 【0057】

【数 1 3】

$$\text{He} \quad \Delta n = 0.35 \times 10^{-4} \quad \cdots (13a)$$

$$\text{Ne} \quad \Delta n = 0.67 \times 10^{-4} \quad \cdots (13b)$$

$$\text{Ar} \quad \Delta n = 2.84 \times 10^{-4} \quad \cdots (13c)$$

$$\text{N}_2 \quad \Delta n = 2.97 \times 10^{-4} \quad \cdots (13d)$$

のとおりである。

【0 0 5 8】

温度または圧力が変化すると、ガスの密度に略比例して  $\Delta n$  が変化する。気密封止時におけるガス密度を  $\rho_0$  とし、気密封止時におけるガス温度を  $T_0$  とし、ガスの体積膨張率を  $\gamma$  とする。このとき、温度  $T$  の時のガスの屈折率  $n$  は、

【0 0 5 9】

【数 1 4】

$$n = 1 + \Delta n \frac{\rho}{\rho_0} \quad \cdots (14)$$

なる式で表され、温度  $T$  の時のガスの密度  $\rho$  は、

【0 0 6 0】

【数 1 5】

$$\frac{\rho}{\rho_0} = 1 - \gamma(T - T_0) \quad \cdots (15)$$

なる式で表される。よって、気密封止時のガスの屈折率の温度係数  $\beta$  は、

【0 0 6 1】

## 【数 16】

$$\beta = -\Delta n \gamma \quad \dots (16)$$

なる式で表される。

## 【0062】

回折格子素子 1（および半導体部品）を収納して封止する筐体の材質が A1 である場合、その筐体の線膨張係数が  $23 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  であるので、その筐体の内部にあるガスの体積膨張率  $\gamma$  は  $69 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  ( $=3 \times 23 \times 10^{-6}$ ) となる。よって、気密封止時のガスの屈折率の温度係数  $\beta$  は、He ガスの場合には  $-0.024 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  であり、N<sub>2</sub> ガスの場合には  $-0.20 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  である。

## 【0063】

これらの気密封止時のガスの屈折率の温度係数  $\beta$  の値は、石英ガラスの線膨張係数  $5 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  と比較して、絶対値が 1 桁以上も小さい。また、大気圧中では、ガスの体積膨張率は、絶対温度に反比例し、例えば温度 0℃ では  $3.7 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$  ( $=1/273$ ) であるから、A1 の筐体で気密封止されたガスの体積膨張率  $\gamma$  は、大気圧中でのガスの体積膨張率と比較して、絶対値が 2 桁以上も小さい。

## 【0064】

回折格子素子 1 が大気圧中に置かれた場合と比較して、このように回折格子素子 1 が気密封止された場合には、ガス（媒質 21, 22）の屈折率  $n$  の温度係数  $\beta$  は小さく、また、温度係数  $\beta$  の温度依存性も小さいので、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  の好適範囲は異なる。

## 【0065】

WDM 光通信システムにおいて無温調で回折格子素子 1 を用いる場合、多波長信号光の光周波数間隔が 100 GHz であるときには、単位温度変化当たりの回折格子の波長シフト量は  $0.4 \text{ pm}/^{\circ}\text{C}$  以下（温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  で波長シフト量が  $0.04 \text{ nm}$  以下）であることが望まれ、また、多波長信号光の光周波数間隔が 50 GHz であるときには、単位温度変化当たりの回折格子の波長シフト量は  $0.2 \text{ pm}/^{\circ}\text{C}$  以下（温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  で波長シフト量が

0.02 nm以下)であることが望まれる。なお、多波長信号光の波長域や光周波数間隔によって要求精度は異なる。

【0066】

ここで、単位温度変化当たりの回折格子の波長シフト量は、

【0067】

【数17】

$$\frac{d\lambda}{dT} = \lambda(\alpha + \beta) \quad \dots (17)$$

なる式で表される。

【0068】

一般にWDM光通信で用いられる信号光の波長は1.7  $\mu$ m以下であるので、信号光波長帯域の全域で波長シフト量が0.4 pm/°C以下（または0.2 pm/°C以下）となるためには、

【0069】

【数18】

$$|\alpha + \beta| \leq 0.4[\text{pm}/^\circ\text{C}] / 1.7[\mu\text{m}] = 2.4 \times 10^{-7} [^\circ\text{C}] \quad \dots (18a)$$

$$|\alpha + \beta| \leq 0.2[\text{pm}/^\circ\text{C}] / 1.7[\mu\text{m}] = 1.2 \times 10^{-7} [^\circ\text{C}] \quad \dots (18b)$$

なる条件を満たせばよい。

【0070】

この(18)式の右辺の値は、気密封止時のガスの屈折率nの温度係数 $\beta$ と比べると、約1桁大きい。A1のような線膨張係数が高い材料からなる筐体を用いても、その筐体内に回折格子素子1を気密封止すれば、ガス（媒質21, 22）の屈折率nの温度係数 $\beta$ を無視することができる。したがって、筐体内が真空である場合も含めて、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ は、光周波数間隔が100 GHzおよび50 GHzそれぞれの場合で、

【0071】

## 【数 19】

$$|\alpha| \leq 2.4 \times 10^{-7} [/\text{°C}] \quad \cdots (19a)$$

$$|\alpha| \leq 1.2 \times 10^{-7} [/\text{°C}] \quad \cdots (19b)$$

なる条件を満たせばよい。なお、封止される場合であっても、封止する筐体の材質が樹脂のように線膨張係数が大きい場合には、気密封止時のガスの屈折率の温度係数  $\beta$  を考慮して上記(18a)式または(18b)式を満たす必要がある。

## 【0072】

気密封止する場合には、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  は、石英ガラスの線膨張係数 ( $5 \times 10^{-7} / \text{°C}$ ) より小さいことが必要である。これを実現するには、透明平板 10 として結晶化ガラスを用いるのが好適であり、或いは、透明平板 10 として Ti 元素を添加した石英ガラスを用いるのが好適である。結晶化ガラスの場合には結晶化の程度を調整することにより、また、Ti 元素を添加した石英ガラスの場合には Ti 添加量を調整することにより、線膨張係数を例えば  $-20 \times 10^{-7} / \text{°C} \sim +5 \times 10^{-7} / \text{°C}$  の範囲の値とすることができる。また、実質的に熱膨張しないガラスを透明平板 10 として用いると、なお好適である。また、図 5 に示された構成で、光学ガラス 11, 13 として石英ガラスを用い、光学ガラス 12 として線膨張係数が負であるガラスを用いてもよい。

## 【0073】

以上までの実施形態の回折格子素子 1 は、透明平板 10 の一方の表面に回折格子が形成されたものであった。しかし、透明平板の表面に平行に内部に回折格子が形成されてもよい。以下では、透明平板の内部に回折格子が形成され回折格子素子について説明する。

## 【0074】

図 10 は、本実施形態に係る回折格子素子 2 の断面図である。この図に示される回折格子素子 2 は、各々が媒質 21, 22 に接していて互いに平行な第 1 面 10A および第 2 面 10B を有する透明平板 10 において、第 1 面 10A に平行に内部に回折格子 10a が形成されたものである。透明平板 10 は、例えば、Ge 元素または Ti 元素を添加された石英ガラスである。回折格子 10a は、透明平

板 10 の厚み方向（ $z$  軸方向）について中央に形成されていて、上下対称の構造であり、格子方向が  $y$  軸に平行であり、 $x$  軸方向に周期  $\Lambda$  で周期的に形成されたものである。また、第 1 面 10A および第 2 面 10B それぞれには反射低減膜が設けられているのが好適である。この回折格子素子 2 でも、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  は、大気圧中に置かれる場合には上記(5)式～(8)式の何れかを満たし、或いは、気密封止される場合には上記(18a)式または(18b)式を満たす。この回折格子素子 2 は、第 1 面 10A に回折格子が形成されている既述の回折格子素子 1 と同様に、回折角の温度依存性が低減される。

#### 【0075】

また、回折格子素子 2 は、一般に高い回折効率を得られるブラッグ条件での使用時に、第 2 面 10B からの光の出射位置の温度依存性も抑制される。すなわち、媒質 21 から第 1 面 10A への光の入射角を  $\theta$  とし、その光の波長を  $\lambda$  とし、回折格子の周期を  $\Lambda$  とし、媒質 21, 22 の屈折率を  $n$  すると、 $m$  次回折光のブラッグ条件は、

#### 【0076】

#### 【数 20】

$$\sin \theta = -\frac{m\lambda}{2n\Lambda} \quad \dots (20)$$

なる式で表される。ブラッグ条件では、入射角と回折角とが逆符号で各々の絶対値が互いに等しい。また、透明平板 10 が透明平板 10 の厚み方向（ $z$  軸方向）について中央に形成されていて上下対称の構造である。したがって、 $x$  軸方向に関して、第 2 面 10B からの光の出射位置は、第 1 面 10A への光の入射位置と等しい。仮に上記(20)式中の積( $n\Lambda$ )の温度依存性が無くなれば、第 1 面 10A への光の入射位置の温度依存性は無いから、温度に依らずに常にブラッグ条件を満たし、第 2 面 10B からの光の出射位置の温度依存性も無くなる。したがって、上記(20)式中の温度依存成分である積( $n\Lambda$ )の温度依存性を低減すれば、回折角の温度依存性を低減することができるだけでなく、出射位置の温度依存性をも低減することができる。



## 【0077】

図11は、本実施形態に係る回折格子素子3の断面図である。この図に示される回折格子素子3は、既述した回折格子素子2の変形例であって、3枚の光学ガラス11～13が順に積層されて透明平板10が構成されたものである。この回折格子素子3における3枚の光学ガラス11～13は、図5に示された構成と同様である。中央の光学ガラス12は例えば石英ガラスであり、両側の光学ガラス11、13それぞれは例えばGe元素またはTi元素を添加された石英ガラスである。回折格子10aは、中央の光学ガラス12の厚み方向（z軸方向）について中央に形成されていて、上下対称の構造であり、格子方向がy軸に平行であり、x軸方向に周期 $\Lambda$ で周期的に形成されたものである。また、光学ガラス11、13それぞれの表面には反射低減膜が設けられているのが好適である。この回折格子素子3でも、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ は、大気圧中に置かれる場合には上記(5)式～(8)式の何れかを満たし、或いは、気密封止される場合には上記(18a)式または(18b)式を満たす。この回折格子素子3は、既述の回折格子素子2と同様に、積 $(n\Lambda)$ の温度依存性を低減すれば、回折角の温度依存性が低減され、また、出射位置の温度依存性も低減される。

## 【0078】

回折格子素子2、3は以下のようにして製造される。エッチング等により表面に回折格子が形成された透明ガラスの回折格子面に対し、両面が平坦な他の透明ガラスを貼り合せ、この張り合わせたものを、回折格子素子2の透明平板10または回折格子素子3の光学ガラス12とする。或いは、エッチング等により表面に回折格子が形成された透明ガラスの回折格子面に対し、その格子の溝を蒸着等により $TiO_2$ 、 $Ta_2O_5$ および $Nb_2O_5$ 等の高屈折率材で埋め、その後に、両面が平坦な他の透明ガラスを貼り合せ、この張り合わせたものを、回折格子素子2の透明平板10または回折格子素子3の光学ガラス12としてもよい。後者の場合には、回折格子面が全て固体であるから、貼り合せ作業が容易である。また、後者の場合には、高屈折率材料で埋めた後に研磨等の表面処理を行なうと、貼り合せ作業が更に容易となり好適である。

## 【0079】

図12は、本実施形態に係る回折格子素子4の断面図である。この図に示される回折格子素子4では、透明平板10は、光学ガラス11と光学ガラス12との間に挟まれた領域に回折格子が形成されたものであり、その回折格子は、媒質14aと媒質14bとがx軸方向に周期 $\Lambda$ で交互に設けられたものである。

#### 【0080】

また、図13は、本実施形態に係る回折格子素子5の断面図である。この図に示される回折格子素子5では、透明平板10は、光学ガラス11と光学ガラス12との間に挟まれた領域に膜15～18が順に形成されていて、膜16と膜17との間に回折格子が形成されたものであり、その回折格子は、媒質14aと媒質14bとがx軸方向に周期 $\Lambda$ で交互に設けられたものである。

#### 【0081】

これらの回折格子素子4、5でも、回折格子の周期 $\Lambda$ の線膨張係数 $\alpha$ は、大気圧中に置かれる場合には上記(5)式～(8)式の何れかを満たし、或いは、気密封止される場合には上記(18a)式または(18b)式を満たす。これらの回折格子素子4、5は、既述の回折格子素子2と同様に、積( $n\Lambda$ )の温度依存性を低減すれば、回折角の温度依存性が低減され、また、出射位置の温度依存性も低減される。

#### 【0082】

これらの回折格子素子4、5は、より広い波長帯域で回折効率の向上が可能である。また、回折格子素子4、5は偏波依存性の抑制が可能であり、このことから、回折格子素子とは別に偏波分離素子や偏波合成素子を設ける必要がないので、これら偏波分離素子や偏波合成素子における偏波分離・合成の温度依存性の影響を排除することができる。

#### 【0083】

なお、回折格子素子5では、膜15～18および媒質14a、14bは、通常の場合には十分に薄く、透明平板10の線膨張係数への影響が殆ど無いから、この部分では上下対称でなくてもよい。

#### 【0084】

以上では、回折格子素子単体の温度依存性の抑制について説明してきた。ところで、一般に、回折格子素子は他の光学素子とともに用いられる場合がある。例

例えば、入射する光の偏波状態が一定で無い場合には、回折格子素子は、偏波分離素子、偏波回転素子および偏波合成素子とともに用いられる。この場合、入射した光は、偏波分離素子により偏波分離されて、互いに偏波面が直交する2つの直線偏光とされる。偏波分離された2つの直線偏光の光は、そのうち一方の偏波面が $90^\circ$ だけ偏波回転素子により回転されて、同一方位の直線偏光とされて、回折格子素子に入射して回折される。回折格子素子により回折された2つの直線偏光の光は、そのうち一方の偏波面が $90^\circ$ だけ他の偏波回転素子により回転されて、互いに偏波面が直交する直線偏光とされ、そして、偏波合成素子により偏波合成されて出射される。

#### 【0085】

このような場合、回折格子素子の単体で温度依存性が抑制されるだけでなく、他の光学素子（偏波分離素子、偏波合成素子、偏波回転素子）についても、一般に温度依存性を有していることから温度制御機構が必要である。しかし、他の光学素子については温度制御の負荷が大きいとなると、回折格子素子について温度制御機構の不要化または簡略化がなされた意義が半減する。

#### 【0086】

そこで、本実施形態に係る回折格子素子1は、温度依存性が抑制されたものであるだけでなく、回折効率の偏波依存性も抑制されたものであるのが好適である。このようにすることにより、入射する光の偏波状態が一定で無い場合であっても、上述した他の光学素子（偏波分離素子、偏波合成素子、偏波回転素子）を用いることなく、回折格子素子1のみで、入射光を一定の回折効率で回折することができる。

#### 【0087】

例えば、図14に示されるように、回折格子の断面が矩形状の凹凸であって、周期 $\Lambda$ が $1.55\mu\text{m}$ であり、凸条部の高さ $H$ が $3.72\mu\text{m}$ であり、凸条部の幅 $W$ と周期 $\Lambda$ との比( $W/\Lambda$ )が0.66であるとする。透明平板10が石英ガラスからなり、媒質21, 22が空気であるとする。また、透明平板10の第2面10Bには無反射コーティングが形成されているとする。このとき、媒質21から第1面10Aへ入射する光の波長が $1.55\mu\text{m}$ であって、入射角 $\theta$ が $30^\circ$

であるとする、TE 偏波光および TM 偏波光それぞれの回折効率は 98% 程度となり、回折効率は実質的に偏波無依存となる。

#### 【0088】

##### 【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る回折格子素子は、各々が媒質に接していて互いに平行な第 1 面および第 2 面を有する透明平板において第 1 面または第 1 面に平行に内部に回折格子が形成され、温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  に含まれる何れかの温度において回折格子の周期の線膨張係数と媒質の屈折率の温度係数との和が 0 である。この回折格子素子は、光通信システムにおいて一般的な環境温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  で用いられる場合に、温度制御機構を不要とすることができ、或いは、温度制御機構を簡略化することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

本実施形態に係る回折格子素子 1 の断面図である。

#### 【図 2】

回折格子素子の問題点を説明する図である。

#### 【図 3】

空気の屈折率  $n$  の温度係数と温度  $T$  との関係を示すグラフである。

#### 【図 4】

温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  での最大波長シフト量と回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  との関係を示すグラフである。

#### 【図 5】

本実施形態に係る回折格子素子 1 の他の構成例の説明図である。

#### 【図 6】

回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数  $\alpha$  と厚み比  $(t_2/t_1)$  との関係を示すグラフである。

#### 【図 7】

本実施形態に係る回折格子素子 1 の更に他の構成例の説明図である。

#### 【図 8】

本実施形態に係る回折格子素子 1 の更に他の構成例の説明図である。

【図 9】

本実施形態に係る回折格子素子 1 の更に他の構成例の説明図である。

【図 10】

本実施形態に係る回折格子素子 2 の断面図である。

【図 11】

本実施形態に係る回折格子素子 3 の断面図である。

【図 12】

本実施形態に係る回折格子素子 4 の断面図である。

【図 13】

本実施形態に係る回折格子素子 5 の断面図である。

【図 14】

本実施形態に係る回折格子素子 1 の偏波無依存性の実現方法を説明する図である。

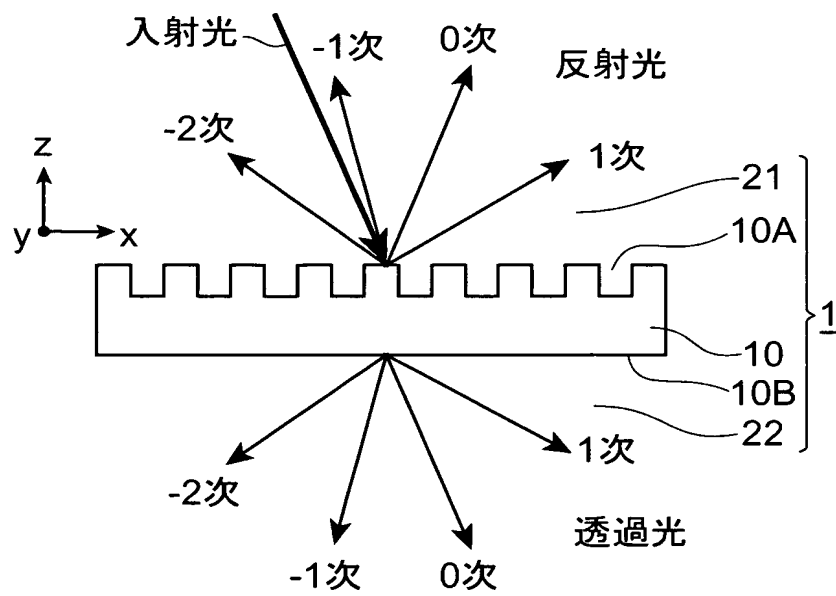
【符号の説明】

1 ～ 5 …回折格子素子、10 …透明平板、10A …第 1 面、10B …第 2 面、  
11 ～ 13 …光学ガラス、21, 22 …媒質。

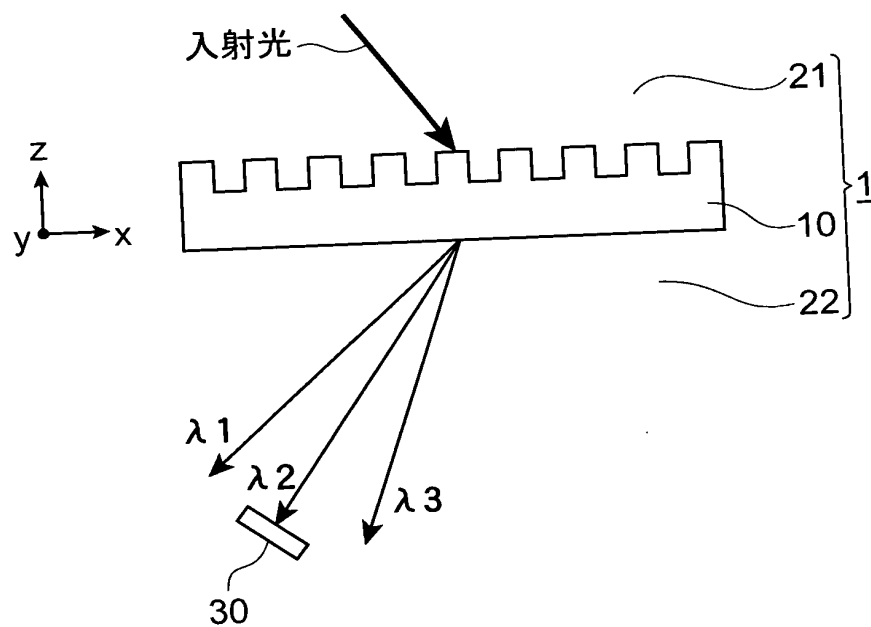
【書類名】

図面

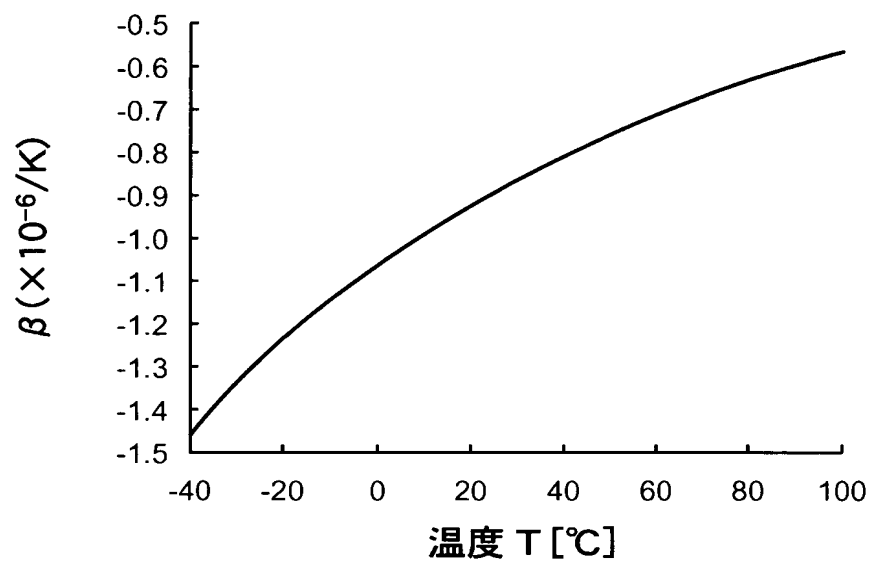
【図 1】



【図 2】

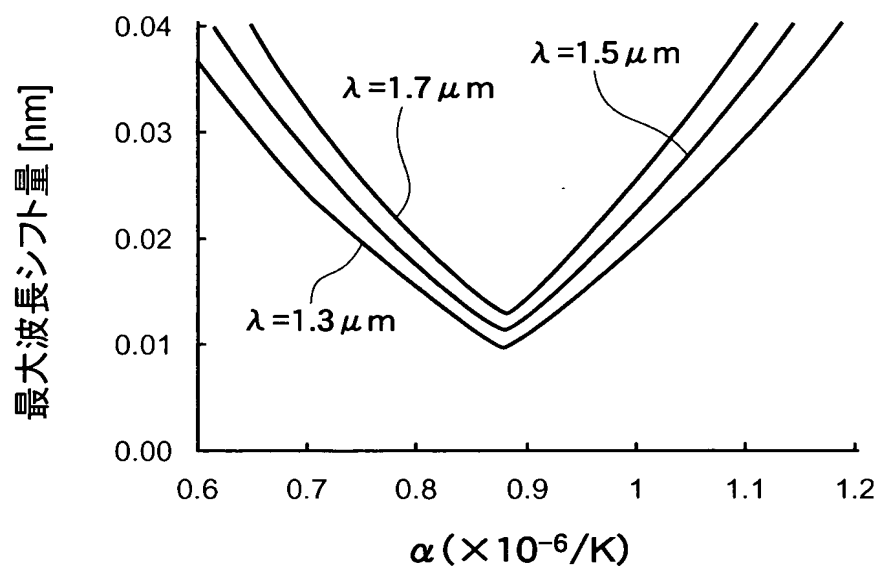


【図 3】

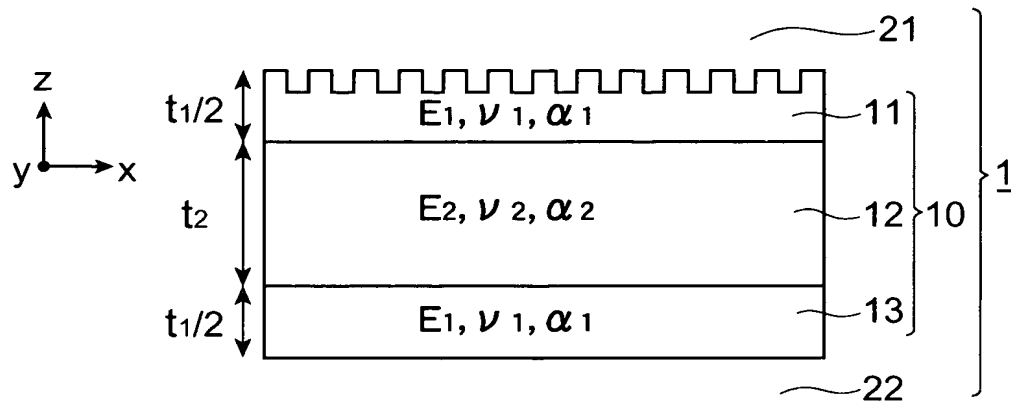




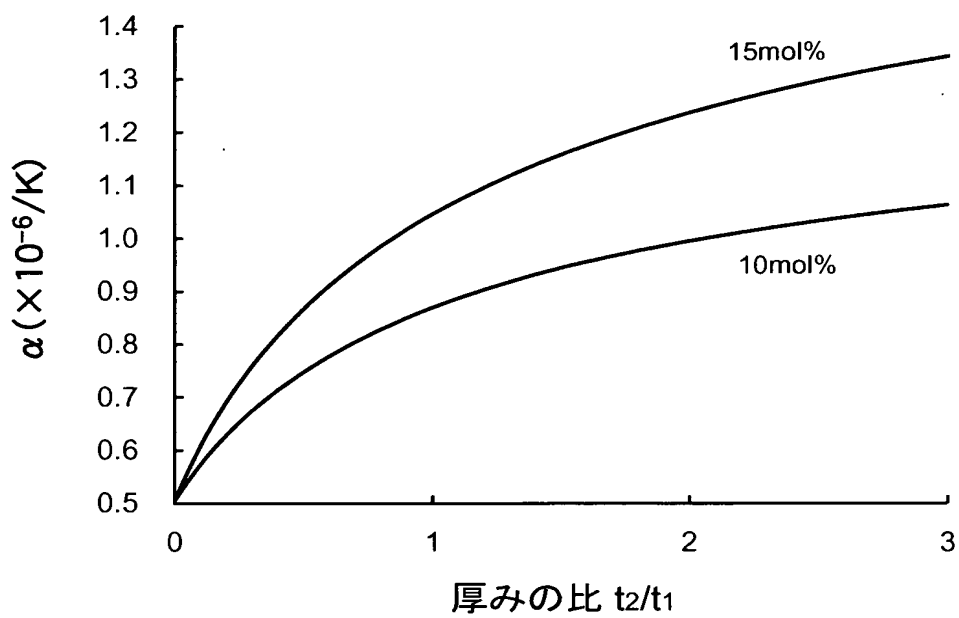
【図 4】



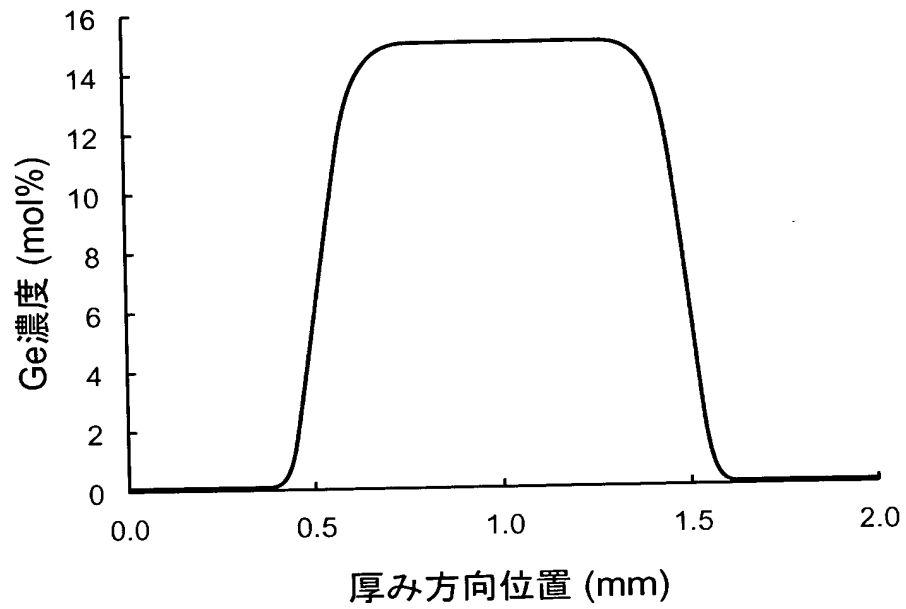
【図 5】



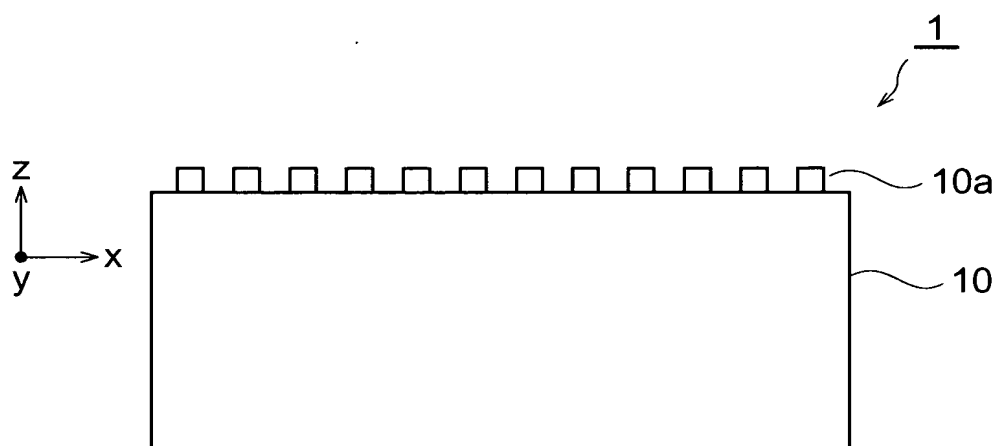
【図 6】



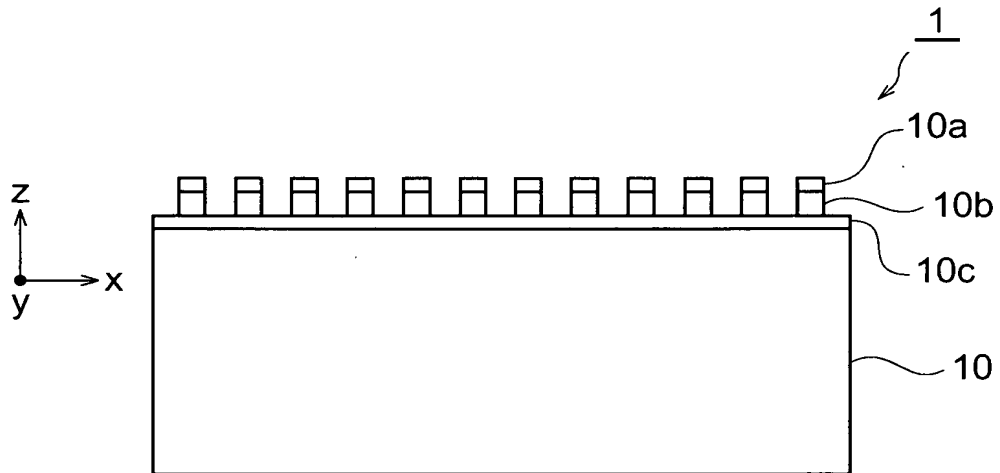
【図 7】



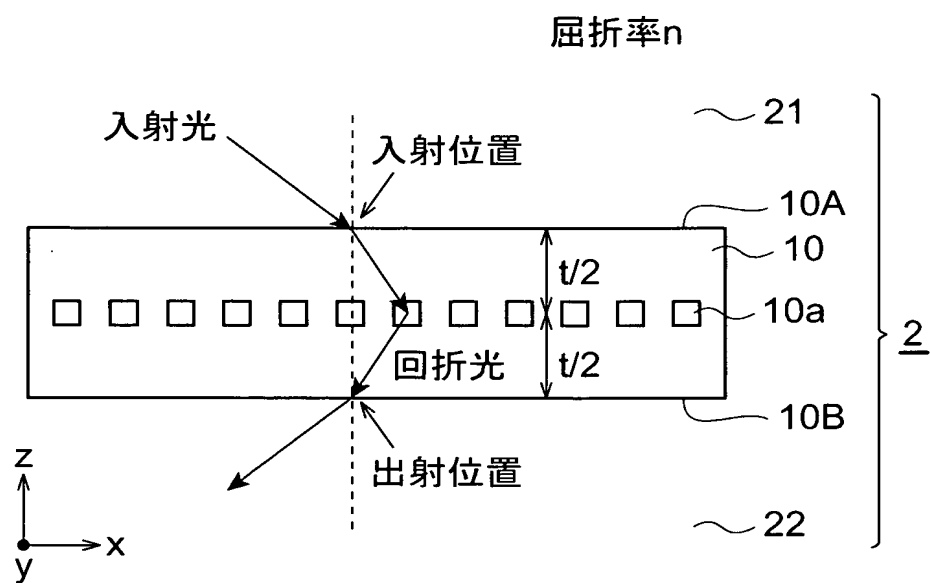
【図 8】



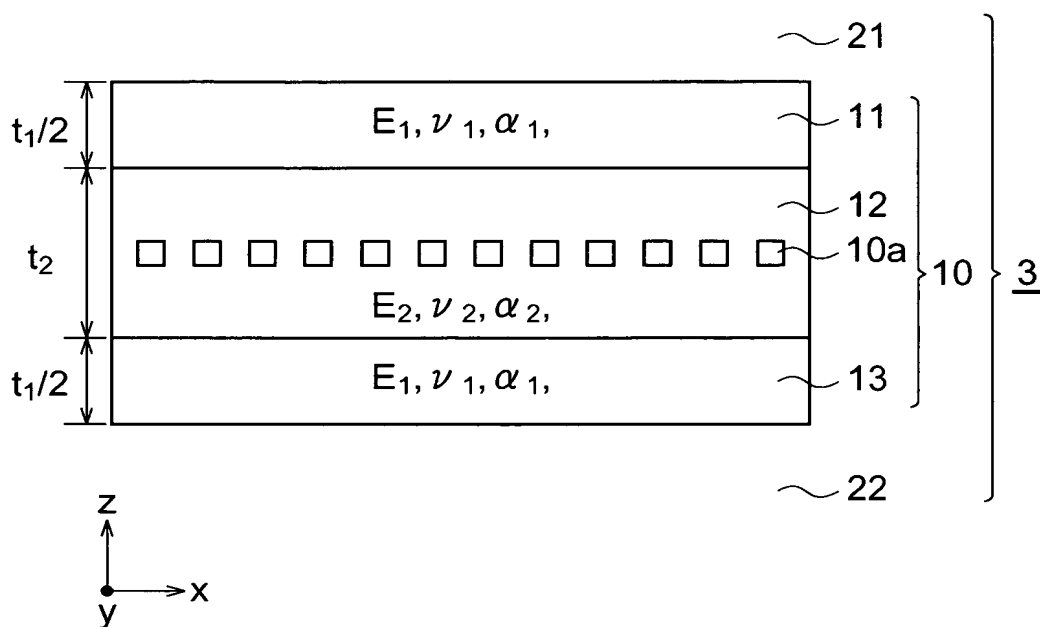
【図 9】



【図 10】

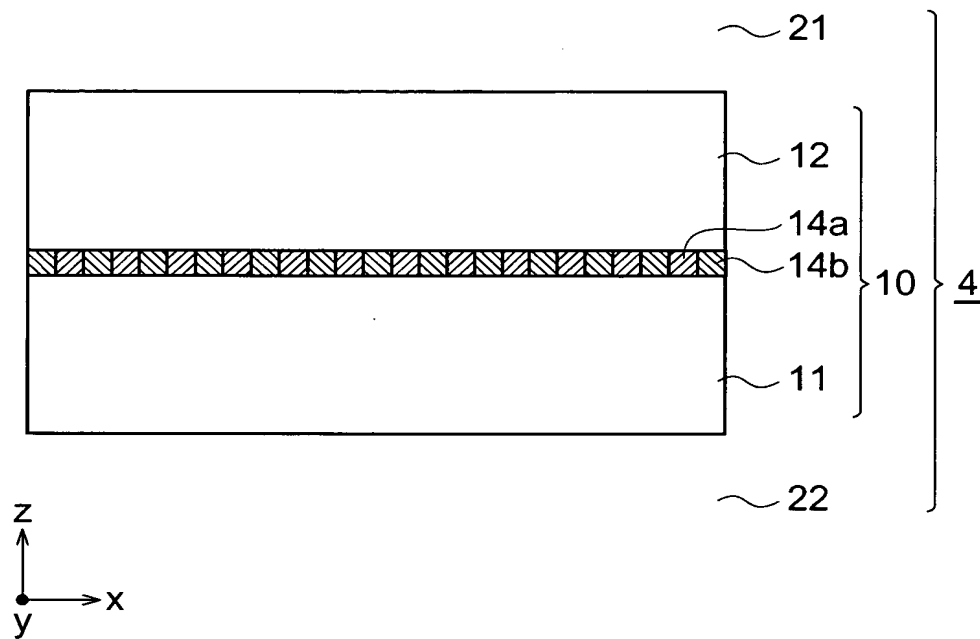


【図 11】

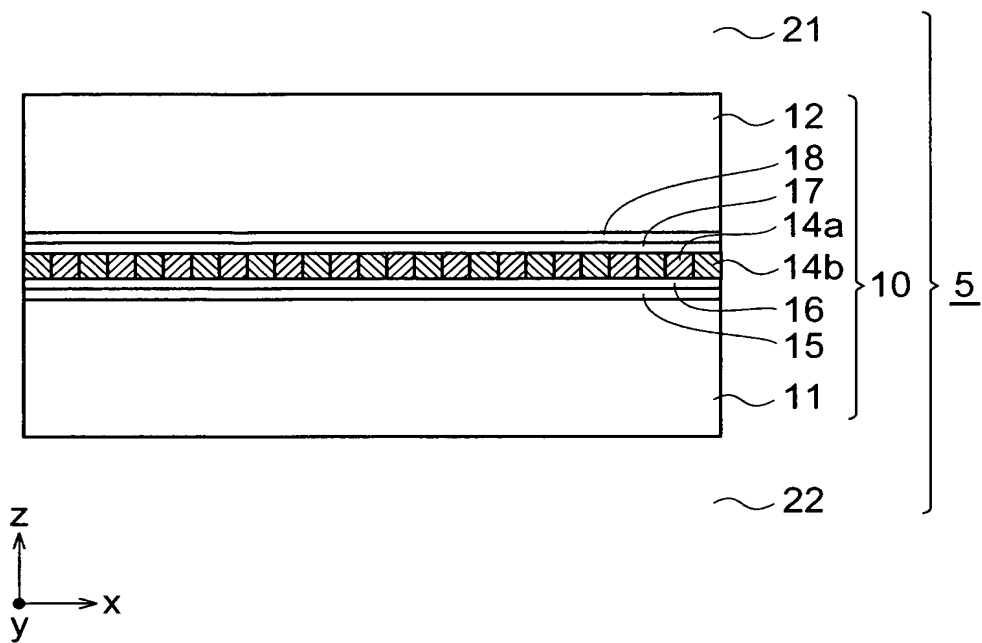




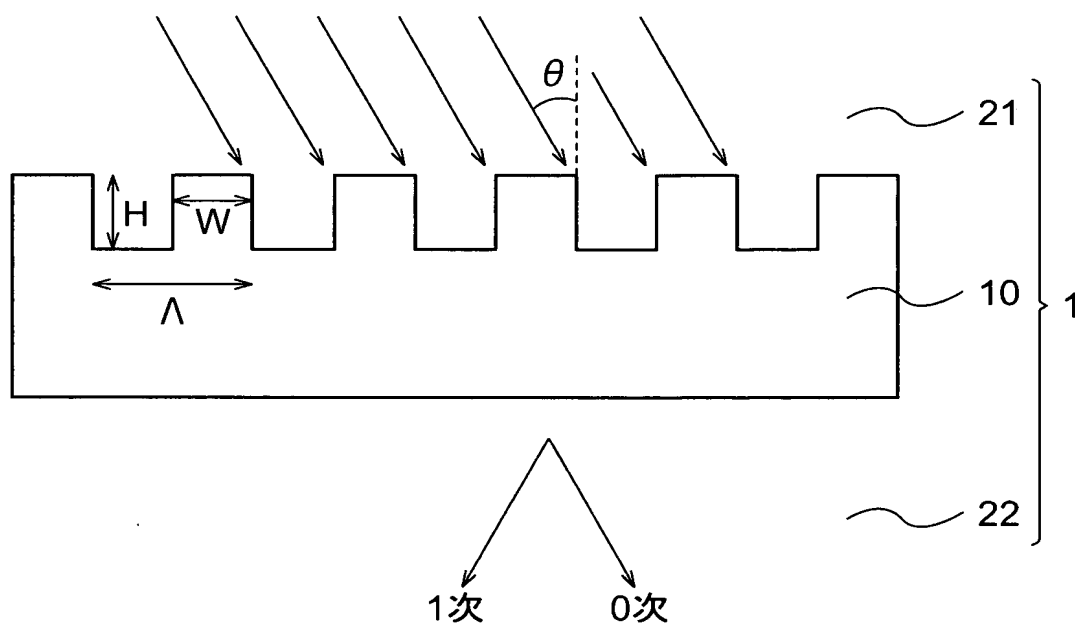
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 温度制御機構を不要化または簡略化することができる回折格子素子を提供する。

【解決手段】 回折格子素子 1 は、各々が媒質 2 1, 2 2 に接していて互いに平行な第 1 面 1 0 A および第 2 面 1 0 B を有する透明平板 1 0 において第 1 面 1 0 A に回折格子が形成されたものである。この第 1 面 1 0 A に形成された回折格子は、格子方向が y 軸方向に平行であり、x 軸方向に周期  $\Lambda$  で凹凸が周期的に形成されたものである。媒質 2 1, 2 2 は例えば空気であり、透明平板 1 0 は例えば石英ガラスからなる。温度範囲  $-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$  に含まれる何れかの温度において、回折格子の周期  $\Lambda$  の線膨張係数と媒質 2 1, 2 2 の屈折率の温度係数との和が 0 である。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 0 5 6 7 8

・ 出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 3 0 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社